

환형소결체 하나로 조사시험용 무계장 캡슐의 연구로 설치 적합성시험

이강희[†]·김대호*·전태현*·김형규*

Compatibility test of a non-instrumented irradiation test capsule for the HANARO test reactor

Kang-Hee Lee, Dae-Ho Kim, Tae-Hyun Chun and Hyung-Kyu Kim

Key Words: Non-instrumented Irradiation Test Capsule(무계장조사시험용캡슐), Pressure Drop(압력강하), Flow-Induced Vibration(유동유발진동), Endurance(내구성), Dual-Cooled Fuel Pellet(이중냉각소결체), Out-pile Test(노외시험), Operational Requirement(운전요건)

Abstract

To investigate an in-pile behavior of the newly developed DUO fuel pellet, the irradiation test will be carried out in the domestic test reactor. Irradiation test capsule for the HARARO reactor, which is a specially designed equipment used for material, irradiation and creep test, must satisfy the operational requirement on the hydraulic characteristics and structural integrity. In this study, a pressure drop, a flow-induced vibration and a short-term endurance test for the newly developed non-instrumented test capsule were carried out using FIVPET as a out-pile evaluation test. The test results show that the new test rig satisfy the HANARO operational requirement with sufficient margin.

1. 서론

한국원자력연구원에서는 이중냉각 환형소결체의 노내 조사시험을 위해서, 조사시험용 무계장 캡슐을 새롭게 개발하였다. 조사리그는 국내 연구용 원자로인 하나로(HANARO) 노심에 장전하여, 시험대상체의 재료특성 및 조사거동, 크립시험과 같은 특수목적의 시험에 이용되는 부수적인 시험장치의 하나이다. Fig. 1은 조사리그의 도면을 나타낸다. 새롭게 개발된 조사리그를 노내 조사시험에 이용하기 위해서는, 사전에 원자로 일차 냉각 계통의 설계기준이 되는 구조적 건전성과 열수력학적 요구조건에 대한 만족여부를 평가하고 적절한 방식으로 설치 적합성을 판단해야한다⁽¹⁾. 이러한 시험리그의 노외 적합성 시험에는 압력강하, 유동유발 진동시험, 내구성시험이 있다⁽²⁾.

본 연구에서는 상기 조사리그의 노외 수력시험

을 통하여 하나로 노심에서 요구되는 운전 제한 조건의 만족여부를 평가하고, 설치 적합성에 관해 기술하였다.

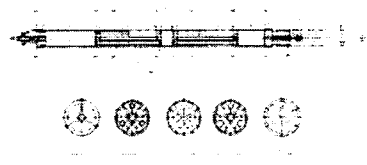


Fig. 1 Drawing of Non-instrumented Irradiation Test Rig.

2. 시험장치

시험장치는 핵연료 시험집합체의 수력 및 진동 시험용으로 개발된 FIVPET을 이용하였다. Fig. 2은 FIVPET의 개략도를 도시한다. FIVPET 시설은 5x5 부분 핵연료집합체를 대상으로 노심 유속조건에서 집합체의 진동과 부수로 유동의 수력특성(차압, 유량 등)을 측정하여, 핵연료 구성 부품 단위의 설계특성을 평가하기 위한 시험장치이다. 따라서, 이(異)종의 시험체인 조사리그에 대한 수력시험을 위해서는 별도의 유동시험부를 새로 제작하여야 한다. 조사리그의 수력시험을 위

[†] 회원, 한국원자력연구원 선진핵연료기술개발부
E-mail : leekh@kaeri.re.kr
TEL : (042)868-2298 FAX : (042)863-0565

* 한국원자력연구원 선진핵연료기술개발부

한 유동시험부는 하나로 조사공을 모사하면서, 리그를 수용할 수 있도록 새로 제작하여 FIVPET에 장착하였고, 예비시험을 통하여 리그시험용 시험부의 진동 및 수력특성을 확인하였다.

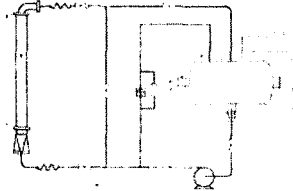


Fig 2. Flow diagram and overall layout of the hydraulic test loop (FIVPET).

3. 시험결과 및 토의

3-1 시험조건, 압력강하, 진동진폭

Table 1은 조사 Rig를 장입시킨 상태로, flow housing의 입구(차압은 입-출구)에서 측정된 유동 데이터와 비접촉식 레이저 진동계로 측정된 조사 리그의 진동진폭을 나타낸다. 조사리그가 장입된 상태에서 flow housing의 입-출구 압력손실이 200 kPa 일 때, 입구유량은 9.72 kg/s로 측정되었으며, 이 값의 110 % 유량(10.7 kg/s)에서는 압력손실이 241.3 kPa로 확인되었다. 조사리그의 최대 진폭은 rms 기준 11.73 μm , 최대-최소값 기준 98.87 μm 이었고, 유량증가에 따라 일정하게 증가되며, 횡방향 궤적은 유동방향 의존성을 보인다. Fig. 3은 최대 유량에서의 리그진동 진폭에 대한 전형적인 시간이력과 횡방향 진동궤적을 나타낸다. 상기에서 실험적으로 확인된 압력강하량과 진동진폭은 모두 하나의 운전제한조건¹⁾을 만족하였다.



Fig. 3 A Typical vibration and orbit trace of the test rig at 110% flow rate of 200 kPa(Q=10.70 kg/s, P/S=975 rpm, V=4.765 m/s).

1) 정상운전조건에서, OR 조사공 압력강하 200 kPa 이상으로 유지, OR조사공 최대유량이 12.7 kg/s이하로 유지, 리그 최대진폭은 300 μm (OR조사공 벽과의 간극) 이하로 유지.

3-2 내구성시험

수력시험에서 확인된 110% 유량조건(10.7 kg/s)에서, 27시간 동안 내구성 시험을 수행하고, 조사리그 장착부의 마멸흔적을 육안으로 관찰, 분석하였다. 내구성 시험결과, 뚜렷한 마멸흔적은 발견되지 않았다.

4. 결론

이중냉각 환형 핵연료 소결체의 조사시험을 위하여 새롭게 개발된 조사시험 리그에 대한 하나로 노심내 OR 조사공의 설치 적합성을 평가하기 위하여 상온, 상압 수력시험장치를 이용하여 노의 압력강하, 유동유발진동 및 속성 내구성 시험을 수행하였다. 상기 분석결과, 이중냉각 환형 소결체 무게장 리그는 하나로 노심 장전을 위한 구조적, 수력적 요건을 만족하였다.

Table 1. Test flow condition and measured vibration amplitude of the test rig.

Q (kg/s)	P (kPa)	T (°C)	DP (kPa)	V (m/s)	East(μm)		South(μm)	
					pp	rms	pp	rms
5.83	210.1	40.31	76.07	2.60	26.00	3.43	44.18	5.34
6.97	238.1	40.29	106.0	3.10	36.79	4.58	59.11	7.39
8.03	270.2	40.34	139.4	3.58	42.25	5.12	69.74	8.31
9.09	306.6	40.28	177.2	4.05	48.20	6.20	77.74	9.31
9.69	328.9	40.33	200.2	4.32	58.08	7.28	88.73	10.63
9.79	332.9	40.31	204.5	4.36	68.16	8.41	90.75	10.93
10.48	361.3	40.29	233.7	4.67	77.39	8.77	98.87	11.73
10.70	368.7	40.39	241.4	4.77	54.99	7.12	82.03	10.33

Note) Q : volumetric flow rate, P : static pressure, T : Temperature, DP : pressure drop, V : mean flow velocity, pp: amplitude of 'peak to valley'

후 기

본 연구는 교육과학기술부 원자력연구개발사업의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- (1) M.-H. Choi, et. al, 2005, "Pressure Drop and Vibration Characteristics of the Capsule with a Modification of Bottom Structures", Proceedings of Korean Society of Noise and Vibration Autumn Annual Meeting, pp. 782-787(In Korean).
- (2) D.-H. Kim, et. al., 2007, The Hydraulic Test Report for Non-instrumented Inradiation Test Rig of DUO-Fuel Annular Pellet, KAERI/TR-3452/2007(In Korean).